



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 56 107 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 M 17/00

⑲ Aktenzeichen: 100 56 107.1
⑳ Anmeldetag: 13. 11. 2000
㉔ Offenlegungstag: 31. 5. 2001

DE 100 56 107 A 1

③① Unionspriorität:
443274 18. 11. 1999 US

⑦① Anmelder:
Ford Global Technologies, Inc., Dearborn, Mich.,
US

⑦④ Vertreter:
Bonsmann & Bonsmann Patentanwälte, 41063
Mönchengladbach

⑦② Erfinder:
Her, Jenyuan Yuan, Novi, Mich., US; Lee, Ming-Ran,
Troy, Mich., US; Tsou, Poyu, Canton, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen an Fahrzeugen

⑤⑦ Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen eines Fahrzeugmodells werden die Verlagerungsdaten von Elementen eines CAE-Fahrzeugmodells zur Voraussage von Klappergeräuschen des Fahrzeugs verarbeitet. Das Verfahren und die Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen beinhaltet das Unterteilen eines Fahrzeugmodells in eine Vielzahl von Elementen und Gittern. Dann werden die Verlagerungsdaten für jedes Element als Funktion der Schwingung bereitgestellt. Auf der Grundlage der Verlagerungsdaten werden im nächsten Schritt die Element-Gitter-Paare, die sich aufgrund von Schwingungen berühren, bestimmt. Sodann wird die Kontaktgeschwindigkeit jedes sich aufgrund von Schwingungen berührenden Element-Gitter-Paares geschätzt. Anschließend wird das Klappergeräusch in Abhängigkeit von der Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich berührende Elementpaar bestimmt. Die Verlagerungsdaten beinhalten Größen- und Phasendaten für jedes Element als Funktion der Schwingung im Zeitverlauf. Für jedes sich berührende Elementpaar wird ein Klappergeräuschindex entwickelt, der die Stärke des Klappergeräusches angibt.

DE 100 56 107 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen an Fahrzeugen.

In der Kraftfahrzeugindustrie wird angestrebt, Klapper- und Quietschgeräusche sowie andere unerwünschte Geräusche, die bei Benutzung eines Fahrzeugs auftreten können, auszuschalten. Derartige Geräusche treten auf, wenn das Fahrzeug bei seinem Gebrauch Schwingungen unterliegt.

Es sind eine Reihe verschiedener Simulationssysteme zur Erkennung von Geräuschen auf einem Prüfstand bekannt, so beispielsweise Simulationstests mit hydraulischen Antrieben, bei denen die Räder eines stationären Fahrzeugs auf Antriebseinheiten angetrieben werden. Über eine Veränderung der Erregerfrequenz der Antriebseinheiten wird dabei das Fahrzeug verschiedenen Schwingungsfrequenzen unterworfen. Die aus den Schwingungen resultierenden Klappergeräusche werden dann abgehört und gemessen.

Das Kernproblem dieser bekannten Erfassungssysteme von Klappergeräuschen, bei denen Schwingungssimulationssysteme eingesetzt werden, besteht darin, dass sie für den Einsatz an tatsächlich existierenden Fahrzeugen oder fertigungsreifen Prototypen gedacht sind. Das bedeutet, dass die üblichen Nachweissysteme für Klappergeräusche mit der Methode "finden und abstellen" an das Problem herangehen, nachdem das Fahrzeug konstruiert und gefertigt worden ist. Im Konstruktionsstadium, bevor ein fertiger Prototyp gebaut wird, beschränkt man sich dabei nur auf allgemeine Richtlinien und Erfahrungswerte, um Klappergeräusche zu vermeiden. Die üblichen Ermittlungssysteme für Klappergeräusche liefern im Übrigen keine objektiven Daten, die für vorgeschlagene Konstruktionsentwürfe herangezogen werden könnten.

In der Kraftfahrzeugindustrie wird computergestütztes Engineering (CAE) bei der Konstruktion von Fahrzeugen vor der tatsächlichen Fertigung eingesetzt. Der Einsatz von CAE ermöglicht es den Fahrzeugherstellern, mehrere verschiedene Fahrzeugkonstruktionen zu prüfen, um die beste Konstruktion herauszufinden, bevor tatsächlich ein Fahrzeug, das der ausgewählten Konstruktion entspricht, gefertigt wird. Dabei beschränken sich gängige CAE-Analysen auf Fragen der Fahrzeugstruktur.

Vor diesem Hintergrund war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur effizienten und kostengünstigen Ermittlung von Klappergeräuschen bereitzustellen.

Mit der Erfindung werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen an Fahrzeugen auf CAE-Basis geschaffen, so dass es damit den Fahrzeugherstellern ermöglicht wird, Klapper-, Quietschgeräusche sowie andere Geräusche, die bei Fahrzeugen verschiedener Konstruktionen auftreten können, zu simulieren, bevor Fahrzeuge der entsprechenden Konstruktionsart tatsächlich gebaut werden.

Es ist demnach ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen an Fahrzeugen bereitzustellen, wobei die Schwingungsverlagerungsdaten von Elementen eines CAE-Automodells mit dem Ziel verarbeitet werden, Klappergeräusche an dem Fahrzeug vorauszusagen.

Erfindungsgemäß wird somit ein Verfahren zur Ermittlung von Klappergeräuschen an Fahrzeugmodellen bereitgestellt. Dabei wird ein Fahrzeugmodell in eine Vielzahl von Elementen und Gittern aufgeteilt. Anschließend werden für jedes Gitter eines Elements die Verlagerungsdaten als Funktion der Schwingung bereitgestellt. Danach werden unter Verwendung der Verlagerungsdaten die Element-Gitter-

Paare, die sich unter Schwingungseinfluß berühren, bestimmt. Sodann wird die Kontaktgeschwindigkeit jedes sich aufgrund von Schwingungen berührenden Element-Gitter-Paares geschätzt. Aus der Kontaktgeschwindigkeit wird anschließend das Klappergeräusch für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar bestimmt.

Vorzugsweise beinhalten die Verlagerungsdaten für jedes Gitter die Größe und die Phase als Funktion der Schwingung. Ferner beinhaltet das Verfahren vorzugsweise die Entwicklung eines Geräuschindex für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar, wobei der Geräuschindex die Stärke des Element-Gitter Kontaktgeräusches angibt.

Ferner wird erfindungsgemäß eine Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen an Fahrzeugmodellen bereitgestellt. Die Vorrichtung beinhaltet eine Datenbank und einen Prozessor. In der Datenbank werden für jedes Gitter eines Modells die Verlagerungsdaten in Abhängigkeit von der Schwingung gespeichert. Der Prozessor ist dahingehend eingerichtet, aus den in der Datenbank enthaltenen Verlagerungsdaten die Element-Gitter-Paare, die sich aufgrund von Schwingungen berühren, zu bestimmen. Der Prozessor ist ferner dahingehend eingerichtet, die Kontaktgeschwindigkeit jedes sich aufgrund von Schwingungen berührenden Element-Gitter-Paares zu schätzen und aufgrund der Kontaktgeschwindigkeit das Klappergeräusch für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar zu bestimmen.

Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Funktionsblockdiagramm der Vorrichtung und des Verfahrens zur Ermittlung von Klappergeräuschen gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein Flussdiagramm mit einer Darstellung der Funktionsweise des Verfahrens und der Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen gemäß der vorliegenden Erfindung, und

Fig. 3A und 3B Elemente und Gitter sowie sich berührende Element-Gitter-Paare.

In Fig. 1 ist ein Funktionsblockdiagramm 10 der Vorrichtung und des Verfahrens zur Ermittlung von Klappergeräuschen gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt. In dem Funktionsblockdiagramm 10 sind die Bausteine der Erfindung dargestellt.

Allgemein ausgedrückt handelt es sich bei der Erfindung um ein CAE-Instrument (tool), welches zur Vermeidung von Klappergeräuschen im Konstruktionsstadium in einer systematischen Verfahrensweise in eine bestehende CAE-Technik integriert werden kann. Dabei werden die Ergebnisse von Schwingungsanalysen von Standard CAE Fahrzeugmodellen 12 nachverarbeitet, um Klappergeräusche, die durch Erregung oder Schwingung des Fahrzeugs entstehen, zu orten. Die Standard CAE-Fahrzeugmodellergebnisse 12 enthalten eine Liste von Elementen und Gittern, aus denen sich das Fahrzeugmodell in der Datenbank zusammensetzt. Jedes der Elemente hat eine Lage im Raum. Das Standard CAE-Fahrzeugmodell beinhaltet weiterhin Schwingungsverlagerungsdaten 14 für die in der Datenbank enthaltenen Elemente. Die Schwingungsverlagerungsdaten 14 der Elemente geben an, wie stark die Elemente unter bestimmten Fahrzeugbetriebsbedingungen schwingen. Die Schwingungsverlagerungsdaten simulieren den Schwingungspegel des Fahrzeugmodells unter verschiedenen Betriebsbedingungen.

Die Schwingungsverlagerungsdaten beinhalten Größen- und Phasendaten. Die Größe der Verlagerung gibt die Amplitude der sinusförmigen Bewegung wieder und stellt eine Funktion der Schwingung über die Zeit dar. Gleichermäßen geben die Phasendaten das Phasenverhältnis unter den Gittern als Funktion der Schwingung über die Zeit wieder.

Ein Element-Kontaktanalysenprozessor 16 verwendet die Schwingungsverlagerungsdaten, um zu bestimmen, welche Elemente während der Schwingung Gitter berühren. Der Element-Kontaktanalysenprozessor 16 schätzt für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar die Rate oder die Geschwindigkeit, mit der sich die Elemente berühren. Dies wird als Kontaktgeschwindigkeit bezeichnet. Mit dem Element-Kontaktanalysenprozessor 16 wird das physikalische Verhalten der Klappervorgänge erfaßt.

Klappergeräusche sind aufgrund von Aufprallkontakten zwischen Elementen oder Teilen auftretende Hochfrequenzgeräusche. Die Heftigkeit oder Stärke des Klappergeräusches ist abhängig von der Kontaktgeschwindigkeit. Klappergeräusche unterliegen oft einem Niederfrequenz-Schwingungsmodus-Einfluß (örtliche oder Systemresonanz).

Um zu bestimmen, welche sich berührenden Elemente Probleme in Bezug auf Klappergeräusche hervorrufen, werden Klappergeräuschkriterien 18 eingesetzt, die zur Erstellung eines Klappergeräuschindex für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar verwendet werden. Der Klappergeräuschindex zeigt die Heftigkeit oder Stärke des Klappergeräusches für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar an. Auf der Grundlage des Klappergeräuschindex für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar erstellt eine Klappergeräuscherfassung 20 eine Übersicht, aus der die Stärke des Klappergeräusches für jede einzelne Stelle des Fahrzeugmodells abgelesen werden kann.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 2, 3A und 3B wird nachfolgend die Arbeitsweise der Vorrichtung und des Verfahrens zur Ermittlung von Klappergeräuschen beschrieben. Fig. 2 stellt ein Flussdiagramm 30 dar, das die Arbeitsweise der Vorrichtung und des Verfahrens zur Ermittlung von Klappergeräuschen wiedergibt. Die Fig. 3A und 3B zeigen ein Paar von Gittern 32 und 34 eines Fahrzeugmodells. Fig. 3A zeigt die Gitter 32 und 34 des Paares, wie sie sich gegenseitig umgeben, aber nicht berühren. In Fig. 3B berühren sich die Gitter 32 und 34 gegenseitig.

Das Fahrzeugmodell ist in eine Vielzahl von Gittern (grids) aufgeteilt. Jedes der Gitter hat Gitterpunkte (grid points), wie z. B. Punkte 36 und 38 des Gitters 32 und Punkte 40 und 42 des Gitters 34. Jeder dieser Gitterpunkte bildet Elemente wie Elemente 44 und 46 des Gitters 32 und Elemente 48 und 50 des Gitters 34.

Das Flussdiagramm 30 beginnt mit Block 52, in dem die Gitterpunkte und Elemente eines Fahrzeugmodells bereitgestellt werden. Jedes der Elemente hat in dem Fahrzeugmodell eine Lage im Raum. In Block 54 werden die Mindest- und Höchstabmessungen des Fahrzeugmodells in den x, y und z-Achsen berechnet. In Block 56 wird der Definitionsbereich (domain) des Fahrzeugmodells in Unterdefinitionsbereiche (subdomains) geteilt. Diese Unterdefinitionsbereiche werden als Eimerspeicher (buckets) bezeichnet. Dann werden in Block 58 die Gitterpunkte und Elemente in jedem Eimerspeicher identifiziert. In Block 60 wird für jeden einzelnen Gitterpunkt nach allen Elementen gesucht, die eventuell den Gitterpunkt berühren können. In Block 62 wird dann eine Kontaktdatenstruktur-Datenbank erstellt. Die Kontaktdatenstruktur-Datenbank enthält alle Elemente, die jedes einzelne Gitter umgeben, sowie die Ausgangslage der jedes einzelne Gitter umgebenden Elemente.

Nach Erstellen der Kontaktdatenstruktur-Datenbank werden in Block 64 die Schwingungsverlagerungsdaten für jeden Gitterpunkt bereitgestellt. Die Schwingungsverlagerungsdaten geben die Größe und Phase für jeden einzelnen Gitterpunkt unter Erregung an. Die Schwingung erfolgt aufgrund einer sinusförmigen Systemerregungseingabe mit einer festgelegten Frequenz. In Block 66 werden für jede

Schwingungsperiode eine Reihe von Prüfschritten vorgesehen.

Aus den Daten der Kontaktdatenstruktur-Datenbank, den Schwingungsverlagerungsdaten und der Anzahl von Prüfschritten einer Periode wird dann bestimmt, welche Elemente sich berühren und mit welcher Geschwindigkeit dies geschieht. Für jeden Zeitschritt und für jedes Gitter wird in Block 68 bestimmt, ob ein Element ein Gitter umgibt. Nur Elemente, die ein Gitter umgeben, können das Gitter berühren. Wenn ein Element ein Gitter zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb der Schwingungsperiode nicht umgibt, wird der nächste Zeitpunkt überprüft, und zwar solange, bis die gesamte Schwingungsperiode überprüft worden ist. Wird in Block 68 festgestellt, dass das Element das Gitter umgibt, dann wird in Block 70 bestimmt, ob das Gitter sich mit dem Element überkreuzt. Ist dies nicht der Fall, so berühren sich die Elemente nicht und die Gitterschleife ist abgeschlossen.

Andernfalls handelt es sich um ein sich berührendes Element-Gitter-Paar. In Block 72 wird dann bestimmt, ob sich das Gitter zum ersten Mal mit dem Element überkreuzt. Ist dies der Fall, wird in Block 74 die Kontaktdauer und -geschwindigkeit für das sich berührende Element-Gitter-Paar berechnet. Die Kontaktdauer wird durch Interpolation der Zeit zwischen zwei Zeitschritten während einer Zeitschleife bestimmt. Aus der Kontaktdauer kann die Geschwindigkeit bestimmt werden. In Block 76 wird die Kontaktgeschwindigkeit im Ergebnis angegeben.

Wie bereits erwähnt, ist das Klappergeräusch von der Kontaktgeschwindigkeit abhängig. Wenn die Kontaktgeschwindigkeit aller sich berührender Element-Gitter-Paare des Fahrzeugmodells bekannt ist, kann für jede Stelle des Fahrzeugmodells ein Klappergeräuschindex erstellt werden. Der Klappergeräuschindex ermöglicht es, Konstruktionsänderungen objektiv zu beurteilen und Konstruktionssensitivitätsanalysen durchzuführen. Der Klappergeräuschindex kann darüber hinaus für Bauteil-Zielvorgaben und funktionelle Kompromissbewertungen (functional trade off evaluation) (Klappergeräuschrisikobewertung für Gewichts/Kostenreduzierung) Verwendung finden.

Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, die Physik von Klappergeräuschvorkommen durch die Entwicklung eines schnellen Kontaktkontrollalgorithmus, d. h. Schätzen der Aufprallgeschwindigkeit aufgrund von Element- oder Teilkontakten durch Systemerregung, zu erfassen, was komplizierte nichtlineare Modelle und teure nichtlineare Simulationen von Aufpralldynamiken erübrigt. Durch eine empirische Beziehung erfolgt eine Annäherung durch lineare Lösungen an nichtlineare Kontakttereignisse.

Die Erfindung stellt insofern eine bemerkenswerte Lösung dar, als in dem Suchalgorithmus durch Aufteilung des Fahrzeugmodells in kleinere Unterdefinitionsbereiche (buckets) zum Suchen nach Elementkontakten ein Unterdefinitionsbereiche-Sortierkonzept (bucket sorting concept) eingesetzt wird. Besonders vorteilhaft ist, dass für ein CAE-Modell mit N Elementen die Berechnungszeit von ca. N^2 auf 300 N reduziert wird. Bei einem typischen Fahrzeugmodell liegt N bei rd. 300000, was eine tausendfache Zeitersparnis bei der Berechnung bedeutet. Dies führt zu einer kosten- und zeiteffektiven Klappergeräuschüberprüfung eines ganzen Fahrzeugs.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung von Klappergeräuschen eines Fahrzeugmodells, enthaltend die folgenden Schritte:

... Aufteilen des Fahrzeugmodells in eine Vielzahl von Elementen und Gittern;

Bereitstellen von Verlagerungsdaten für jedes Gitter eines Elementes als Funktion der Schwingung;
 Verwenden der Verlagerungsdaten zur Ermittlung von Element-Gitter-Paaren, die sich aufgrund von Schwingungen berühren;
 Schätzen der Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich aufgrund von Schwingungen berührende Element-Gitter-Paar, und
 Bestimmen des Klappergeräusches als Funktion der Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar.
 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bereitstellen von Verlagerungsdaten das Bereitstellen von Größen- und Phasendaten für jedes Element als Funktion der Schwingung beinhaltet.
 3. Verfahren zur Ermittlung von Klappergeräuschen eines Fahrzeugmodells, enthaltend die folgenden Schritte:
 Aufteilen des Fahrzeugmodells in eine Vielzahl von Elementen und Gittern;
 Bereitstellen von Größendaten für jedes Element als Funktion der Schwingung;
 Bereitstellen von Phasendaten für jedes Element als Funktion der Schwingung;
 Bestimmen sich aufgrund von Schwingungen berührender Element-Gitter-Paare unter Verwendung der Größendaten und der Phasendaten;
 Schätzen der Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich aufgrund von Schwingungen berührende Element-Gitter-Paar, und
 Bestimmen des Klappergeräusches als Funktion der Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch das Erkennen jedes sich berührenden Element-Gitter-Paares, dessen Klappergeräuschgröße einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch das Erzeugen eines Klappergeräuschindex für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar, wobei der Klappergeräuschindex die Stärke des Klappergeräusches angibt.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei das Aufteilen des Fahrzeugmodells das Aufteilen in eine Vielzahl von Unterdefinitionsbereichen beinhaltet, wobei jeder Unterdefinitionsbereich Gitterpunkte enthält, die Gitter bilden, und jedes Gitter Elemente enthält;
 das Bereitstellen von Größendaten das Bereitstellen von Größendaten für jeden Gitterpunkt beinhaltet;
 das Bereitstellen von Phasendaten das Bereitstellen von Phasendaten für jeden Gitterpunkt beinhaltet, und das Bestimmen der Element-Gitter-Paare, die sich berühren, das Bestimmen von Gitterpunkten eines gegebenen Gitters, die Elemente berühren, unter Verwendung der Größen- und Phasendaten beinhaltet.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Aufteilen des Fahrzeugmodells das Aufteilen in eine Vielzahl von Unterdefinitionsbereichen beinhaltet, wobei jeder Unterdefinitionsbereich Elemente enthält, und
 das Verfahren ferner das Bestimmen aneinandergrenzender Unterdefinitionsbereiche für jeden Unterdefinitionsbereich beinhaltet, wobei das Bestimmen von sich berührenden Element-Gitter-Paaren das Bestimmen von sich aufgrund von Schwingungen berührenden Element-Gitter-Paaren aneinandergrenzender Unterdefinitionsbereiche beinhaltet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei das Bereitstellen von Größendaten das Bereitstellen von Größendaten für jedes Element als Funktion der Schwingung über einen Zeitabschnitt beinhaltet;
 das Bereitstellen von Phasendaten das Bereitstellen von Phasendaten für jedes Element als Funktion der Schwingung über den Zeitabschnitt beinhaltet;
 das Bestimmen von sich berührenden Element-Gitter-Paaren das Bestimmen von sich aufgrund von Schwingungen im Verlauf des Zeitabschnitts berührenden Element-Gitter-Paaren unter Verwendung der Größen- und Phasendaten beinhaltet;
 das Schätzen der Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar das Schätzen der Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich aufgrund von Schwingungen in dem Zeitabschnitt berührende Element-Gitter-Paar beinhaltet; und
 das Bestimmen des Klappergeräusches das Bestimmen des Klappergeräusches für jedes sich in dem Zeitabschnitt berührende Element-Gitter-Paar als Funktion der Kontaktgeschwindigkeit beinhaltet.
 9. Vorrichtung zur Ermittlung von Klappergeräuschen eines Fahrzeugmodells, gekennzeichnet durch:
 eine Datenbank, die Verlagerungsdaten als Funktion der Schwingung für jedes Element eines Fahrzeugmodells speichert, und
 einen Prozessor, der dahingehend ausgebildet ist, mit der Datenbank unter Verwendung der Verlagerungsdaten zum Bestimmen von Element-Gitter-Paaren, die sich aufgrund von Schwingungen berühren, zu arbeiten, und der ferner dahingehend ausgebildet ist, die Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich aufgrund von Schwingungen berührende Element-Gitter-Paar zu schätzen und das Klappergeräusch für jedes sich berührende Element-Gitter-Paar als Funktion der Kontaktgeschwindigkeit zu bestimmen.
 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Verlagerungsdaten Größen- und Phasendaten für jedes Element als Funktion der Schwingung beinhalten.
 11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor dahingehend ausgebildet ist, jedes sich berührende Element-Gitter-Paar zu erkennen, dessen Klappergeräuschstärke einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt.
 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor dahingehend ausgebildet ist, für jedes sich berührende Elementpaar einen Klappergeräuschindex, der die Stärke des Klappergeräusches angibt, zu erzeugen.
 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor dahingehend ausgebildet ist, das Modell in eine Vielzahl von Unterdefinitionsbereichen aufzuteilen, wobei jeder Unterdefinitionsbereich Gitterpunkte, die Gitter bilden, und jedes Gitter Elemente enthält.
 14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Verlagerungsdaten die Verlagerungsdaten für jeden Gitterpunkt beinhalten und der Prozessor dahingehend ausgebildet ist, unter Verwendung der Verlagerungsdaten Gitterpunkte eines gegebenen Gitters, die Elemente berühren, zu bestimmen.
 15. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung dahingehend ausgebildet ist, Elementpaare aus aneinandergrenzenden Unterdefinitionsbereichen, die sich aufgrund von Schwingungen berühren, zu bestimmen.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Größendaten und die Phasendaten für jedes Element als Funktion der Schwingung einen Zeitabschnitt betreffen, und der Prozessor dahingehend ausgebildet ist, unter Verwendung der Größen- und Phasendaten die Element-Gitter-Paare, die sich aufgrund von Schwingung im Verlauf dieses Zeitabschnitts berühren, zu bestimmen. 5

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessor dahingehend ausgebildet ist, die Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich aufgrund von Schwingungen in dem Zeitabschnitt berührende Element-Gitter-Paar zu schätzen und in Abhängigkeit von der Kontaktgeschwindigkeit für jedes sich in dem Zeitabschnitt berührende Element-Gitter-Paar das Klappergeräusch zu bestimmen. 15

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

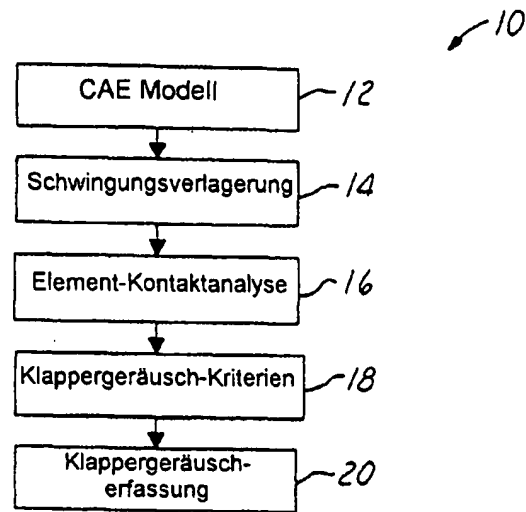


FIG. 1

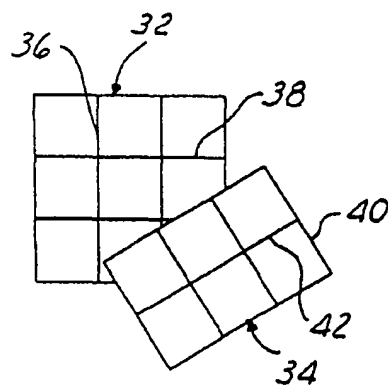


FIG. 3A

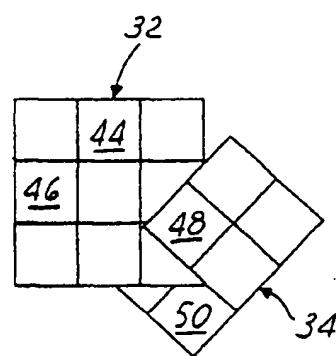


FIG. 3B

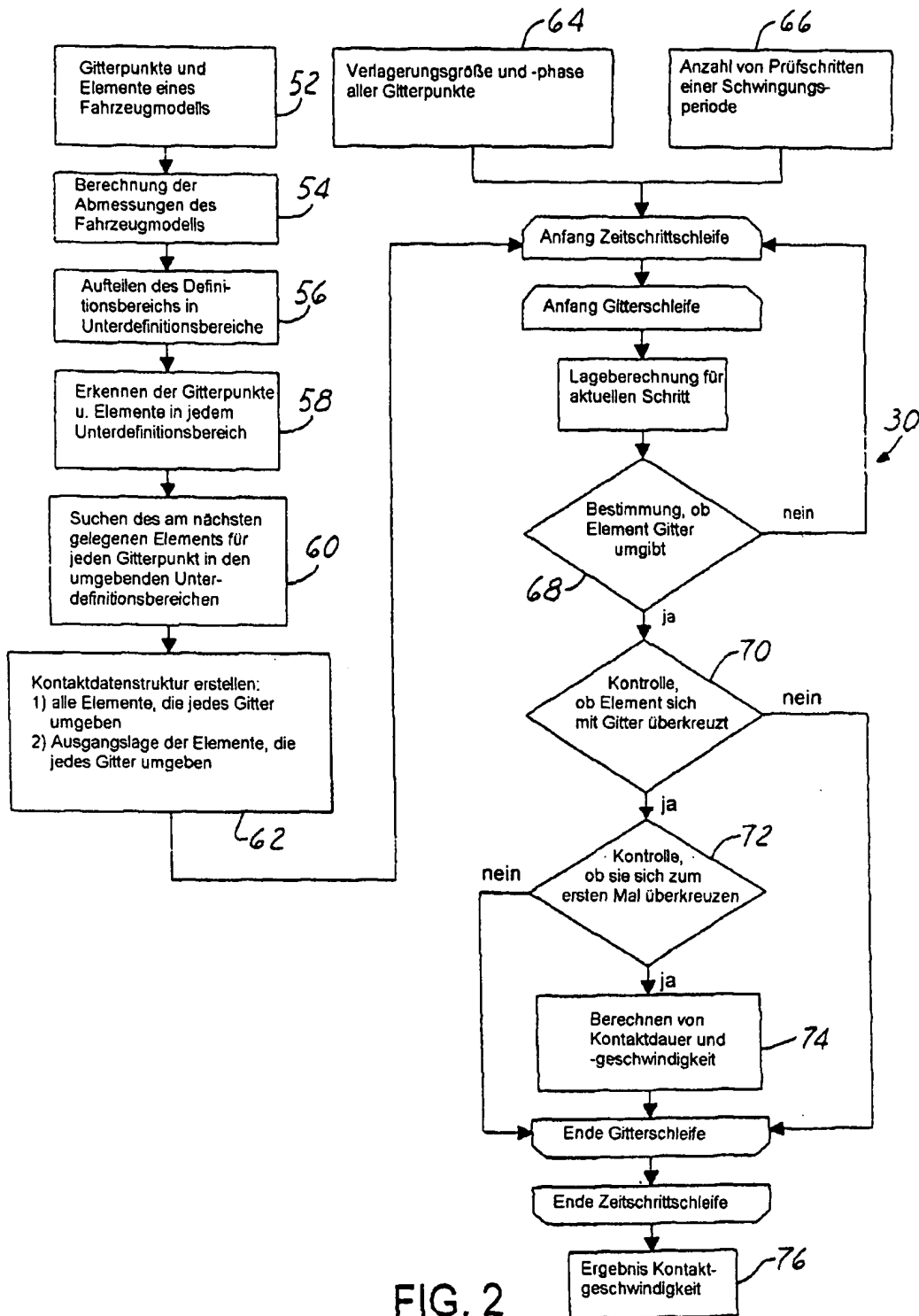


FIG. 2

Vehicle rattle detection method and system

Patent number: DE10056107
Publication date: 2001-05-31
Inventor: HER JENYUAN YUAN (US); LEE MING-RAN (US);
TSOU POYU (US)
Applicant: FORD GLOBAL TECH INC (US)
Classification:
- **International:** **G01M17/007; G01M17/007;** (IPC1-7): G01M17/00
- **European:** G01M17/007
Application number: DE20001056107 20001113
Priority number(s): US19990443274 19991118

Also published as:



US6101432 (A1)
GB2363225 (A)

Report a data error here

Abstract not available for DE10056107

Abstract of corresponding document: **US6101432**

Vehicle model rattle detection method and system process vibration displacement data of elements of a vehicle CAE model to predict rattle of the vehicle. The rattle detection method and system includes dividing a vehicle model into a plurality of elements and grids. The displacement data for each element as a function of vibration is then provided. The element-grid pairs which contact due to vibration are then determined using the displacement data. Contact velocity for each contacting element-grid pair due to vibration is then estimated. Rattle for each contacting element pair as a function of contact velocity is then determined. The displacement data includes magnitude data and phase data for each element as a function of vibration over time. A rattle index for each contacting element pair is generated, the rattle index is indicative of rattle severity.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide